膨化苜蓿草粉–亚麻籽对母猪繁殖性能及其初乳脂肪酸组成的影响

潘培颖　郭晓洁　王　博　王腾飞　王成章　史莹华　齐胜利　李振田*

（河南农业大学牧医工程学院，河南省草地资源创新与利用重点实验室，郑州 450002）

摘　要：本试验旨在研究在妊娠后期及哺乳期母猪饲粮中添加不同量的膨化苜蓿草粉－亚麻籽对其繁殖性能及初乳脂肪酸组成的影响。试验选用 80 头妊娠后期（妊娠 83 d）长×大二元初产母猪，随机分为 4 个组，每组 4 个重复，每个重复 5 头。对照组饲喂基础饲粮，试验组在基础饲粮中分别添加 5%、10%和 15%膨化苜蓿草粉－亚麻籽。试验预试期 7 d，正试期 55 d。结果表明：1）与对照组相比，饲粮中添加膨化苜蓿草粉－亚麻籽可显著提高母猪平均日采食量（P<0.05），且 15%膨化苜蓿草粉－亚麻籽添加组母猪平均日采食量最高；2）随着膨化苜蓿草粉－亚麻籽添加量的增加，母猪哺乳期背膘损失逐渐减小，仔猪第 21 天窝重、窝平均日增重、第 21 天个体重以及母猪初乳中单不饱和脂肪酸（MUFA）含量、不饱和脂肪酸/饱和脂肪酸（UFA/SFA）值逐渐增高，但差异均不显著（P>0.05）；3）仔猪断奶（21 日龄）时，15%膨化苜蓿草粉－亚麻籽添加组的均匀度最好。由此可见，膨化苜蓿草粉－亚麻籽可以提高母猪繁殖性能及初乳中 MUFA 含量与 UFA/SFA 值。

关键词：膨化；苜蓿草粉；亚麻籽；繁殖性能；脂肪酸

中图分类号：S816　　文献标识码：A　　文章编号：

紫花苜蓿是一种多年生豆科牧草，具有营养丰富、适口性好、易于家畜消化等特点，研究表明苜蓿草粉对断奶仔猪窝重等有有利影响[1]。亚麻籽富含油脂和粗蛋白质，其中油脂含量很高，约为 34%~37%，且不饱和脂肪酸（UFA）含量较高；而粗蛋白质主要由白蛋白和球蛋白组成，是优质植物蛋白。此外，亚麻籽中必需氨基酸组成相当理想，并且富含矿物质，其 B 族维生素和维生素 E 含量较高，维生素 E 是以生育酚的形式存在，是天然抗氧化剂，近年来国内外许多研究者将其用于动物饲料中，可明显的提高饲料的营养价值[2]。Farmer 等[3-4]研究发现添加 10%的亚麻籽与 3.5%的亚麻籽油可以减少母猪血清中饱和脂肪酸（SFA）的含量，增加多不饱和脂肪酸（PUFA）含量，母猪妊娠后期与哺乳期添加亚麻籽可以提高

收稿日期：2018–04–19

基金项目：苜蓿品种引进与中低产田土壤生态环境修复（2015-Z46）；现代农业产业技术体系（CARS-34）

作者简介：潘培颖(1992—)，女，河南商丘人，硕士研究生，从事牧草营养与利用研究。E-mail：2068406862@qq.com

*通信作者：李振田，副教授，硕士生导师，E-mail：　lizhentian2006@126.com

仔猪的免疫机能，利于仔猪断奶后的生长。膨化饲料是由特定设备在特定条件下（高温、高压等条件）生产出的特殊产品。它可以使淀粉颗粒糊化，适口性好，有利于畜禽的吸收，高温还可杀死许多病原菌和寄生虫等，并且可以使许多抗营养因子失活[5]。由于亚麻籽及其榨油后的饼粕中含有生氰糖甙，这类糖甙在与其共存的水解酶的催化下，可水解产生有毒物质氢氰酸[6]，所以在饲粮中添加亚麻籽时一般需要特殊处理，本试验通过膨化加工消除饲料中的有害物质。此外国内的膨化猪饲料技术也是近几年兴起的，并且基本上只生产乳猪饲料，在母猪上的研究比较少，亚麻籽对母猪繁殖性能影响的研究也非常有限。因此，本试验旨在研究膨化苜蓿草粉–亚麻籽对母猪繁殖性能及其初乳脂肪酸组成的影响，为新型饲料的开发提供科学的依据。

1　材料与方法

1.1　试验材料

本试验按照苜蓿草粉与亚麻籽 1∶1 的比例进行膨化原料的加工。选取 80 头同一批次、健康状况良好、妊娠 83 d 左右的初产长×大二元杂交母猪进行试验。

1.2　试验设计与试验饲粮

试验采取单因子完全随机设计，设置 4 个组，每组 4 个重复，每个重复 5 头猪，重复之间体重接近，健康情况良好。基础饲粮参照 NRC（2012）母猪营养标准进行配制。对照组（1 组）饲喂不添加膨化苜蓿草粉–亚麻籽的基础饲粮，试验组（2~4 组）在基础饲粮中分别添加 5%、10%和 15%的膨化苜蓿草粉–亚麻籽，各组饲粮组成及营养水平见表 1。

表 1　各组饲粮组成及营养水平（风干基础）

Table 1　Composition and nutrient levels of diets for all groups (air-dry basis)　　%

项目 Items	组别 Groups 1	2	3	4
原料 Ingredients				
玉米 Corn	57.80	55.40	54.50	51.60
豆粕 Soybean meal	20.40	18.80	17.60	15.90
麸皮 Wheat bran	2.50	2.00		
膨化苜蓿草粉–亚麻籽 Extruded alfalfa meal-linseed		5.00	10.00	15.00

次粉 Wheat middling	10.00	10.00	10.00	10.00
鱼粉 Fish meal	2.00	2.00	2.00	2.00
石粉 Limestone	1.40	1.40	1.40	1.40
磷酸氢钙 $CaHPO_4$	1.00	1.00	0.90	0.80
食盐 NaCl	0.40	0.40	0.40	0.40
豆油 Soybean oil	3.00	2.50	1.70	1.40
赖氨酸 Lys	0.30	0.30	0.30	0.30
苏氨酸 Thr	0.10	0.10	0.10	0.10
氯化胆碱 Choline chloride	0.10	0.10	0.10	0.10
预混料 Premix[1)]	1.00	1.00	1.00	1.00
合计 Total	100.00	100.00	100.00	100.00
营养水平 Nutrient levels[2)]				
粗蛋白质 CP	17.50	17.50	17.50	17.50
粗脂肪 EE	5.67	6.14	6.31	6.88
粗纤维 CF	2.01	2.14	2.34	2.48
粗灰分 Ash	4.89	5.01	5.10	5.24
钙 Ca	0.90	0.90	0.90	0.90
总磷 TP	0.59	0.58	0.56	0.55
有效磷 AP	0.45	0.45	0.45	0.45
赖氨酸 Lys	1.19	1.20	1.20	1.20
亚油酸 Linoleic acid	1.55	1.48	1.42	1.35
消化能 DE/(MJ/kg)	14.22	14.22	14.22	14.22

[1)] 预混料为每千克饲粮提供 Premix provided the following per kg of diets：VA 5 500 IU，VD_3 500 IU，VE 66.1 IU，VB_{12} 28.2 μg，VB_2 5.1 mg，VB_3 12.6 mg，VB_5 29.8 mg，VK_3 540 mg，Mn 40 mg，Zn 120 mg，Fe 150 mg，Cu 10 mg，Co 1 mg，Se 0.25 mg，I 0.5 mg。

[2)] 营养水平为计算值。Nutrient levels were all calculated values.

1.3 饲养管理

试验预试期 7 d，正试期 55 d。妊娠后期母猪限饲，每天饲喂 2 次，每次饲喂 1.25 kg，饲喂时间定在每天 09:00 和 16:00。哺乳期自由采食，饲喂时间为 06:00、10:00、14:00 和 20:00。每天清扫 1 次圈舍并按照猪场常规免疫规程进行免疫与消毒。

1.4 测定指标

1.4.1 繁殖性能

记录母猪在哺乳期的自由采食量；在母猪妊娠 90 d、产前及仔猪断奶时，用超声波测膘仪逐头测定 P2 点背膘厚度，并计算出妊娠 90 d 至产前背膘增加及哺乳期背膘损失；统计母猪总产仔数、产活仔数，称量仔猪初生以及第 7、14 和 21 天（断奶）个体重及窝重。

1.4.1 母猪初乳测定

在试验母猪分娩 12 h 内采用手挤法从前、中、后 3 个部位的乳头采集混合乳样 30 mL，置于－20 ℃冰箱中保存测定初乳成分，每个重复随机采集 1 头母猪，每个组采集 4 头，共 16 头。

1.5 数据处理

试验数据采用 SPSS 22.0 统计软件进行 *T* 检验分析，以 P<0.05 表示差异显著，结果用“平均数±标准差”方式表示。

2 结果与分析

2.1 膨化苜蓿草粉–亚麻籽对仔猪成活率的影响

由表 2 可知，2 组总产仔数、产活仔数较高，3 组仔猪成活率相对较高，但各组间差异均不显著（P>0.05）。

表 2 膨化苜蓿草粉–亚麻籽对仔猪成活率的影响

Table 2 Effects of extruded alfalfa meal-linseed on the fetal survival rate of piglets

项目 Items	组别 Groups			
	1	2	3	4
总产仔数 Total number born/头	11.33±2.27	12.57±2.40	11.38±2.02	11.67±1.44
产活仔数 Number born alive/头	11.17±2.18	12.43±2.62	11.31±2.06	11.33±1.15
成活率 Survival rate/%	98.81±5.05	98.49±3.84	99.43±2.27	97.44±4.78

调整后带仔数 Adjusting litter size/头	11	11	11	11

同行数据肩标无字母或相同字母差异不显著($P>0.05$)，不同字母表示差异显著($P < 0.05$)。下表同。

In the same row, values with no letter or the same letter superscripts mean no significant difference ($P<0.05$), while with different letter superscripts mean significant difference ($P<0.05$). The same as below.

2.2 膨化苜蓿草粉–亚麻籽对母猪哺乳期平均日采食量和背膘厚的影响

由表 3 可知，随着膨化苜蓿草粉–亚麻籽添加量的增加，母猪哺乳期平均日采食量逐渐增加，并且试验组均显著高于对照组（$P<0.05$）。随着膨化苜蓿草粉–亚麻籽添加量的增加，母猪妊娠后期背膘增加和哺乳期背膘损失均降低，但各组间差异不显著（$P>0.05$）。

表 3 膨化苜蓿草粉–亚麻籽对母猪哺乳期平均日采食量和背膘厚的影响

Table 3 Effects of extruded alfalfa meal-linseed on ADFI in lactation and backfat thickness of sows

	组别 Groups			
项目 Items	1	2	3	4
平均日采食量 ADFI/kg	5.38±0.03[c]	5.49±0.07[b]	5.68±0.02[a]	5.78±0.05[a]
背膘厚 Backfat thickness/mm				
妊娠 90 天 Day 90 of gestation	18.57±1.74	19.29±1.38	18.71±1.49	18.50±1.56
产前 Before parturition	19.57±2.06[ab]	20.36±1.95[a]	19.36±2.06[ab]	18.86±1.99[b]
断奶 Weaning	16.70±2.15	17.79±2.52	16.93±2.64	16.71±2.09
妊娠后期（90 d）背膘增加 Backfat increase during late gestation (90 d)	1.00±1.24	1.07±1.00	0.64±1.01	0.36±0.84
哺乳期背膘损失 Backfat loss during lactation	2.93±1.90	2.86±2.35	2.50±2.35	2.14±1.61

2.3 膨化苜蓿草粉–亚麻籽对仔猪窝重和个体重的影响

由表 4 可知，从 2 组到 4 组，仔猪初生窝重与初生个体重逐渐升高，但与对照组相比，差异均不显著（$P>0.05$）。随着膨化苜蓿草粉–亚麻籽添加量的增加，仔猪第 21 天窝重、窝平均日增重及第 21 天个体重呈现逐渐升高的趋势，但是各组差异均不显著（$P>0.05$）。

表 4 膨化苜蓿草粉–亚麻籽对仔猪窝重和个体重的影响

Table 4 Effects of extruded alfalfa meal-linseed on litter weight and individual weight of piglets kg

项目 Items	组别 Groups

	1	2	3	4
仔猪窝重 Litter weight of piglets				
初生窝重 Litter weight at birth	15.23±2.08	14.74±2.00	16.29±2.70	16.38±2.51
第 7 天窝重 Litter weight of day 7	27.64±3.13	27.05±3.29	27.73±3.63	28.48±2.99
第 14 天窝重 Litter weight of day 14	43.83±4.13	43.60±6.33	47.36±6.63	47.90±4.03
第 21 天窝重 Litter weight of day 21	60.72±6.93	62.15±9.11	64.61±8.24	67.21±5.67
窝平均日增重 Average litter daily weight gain	2.18±0.41	2.25±0.54	2.31±0.48	2.32±0.33
仔猪个体重 Individual weight of piglets				
初生个体重 Individual weight at birth	1.35±0.18[ab]	1.21±0.23[b]	1.32±0.20[ab]	1.46±0.19[a]
第 7 天个体重 Individual weight of day 7	2.55±0.28[b]	2.59±0.28[ab]	2.69±0.23[ab]	2.71±0.27[a]
第 14 天个体重 Individual weight of day 14	3.96±0.33	4.02±0.50	4.10±0.54	4.06±0.33
第 21 天个体重 Individual weight of day 21	5.69±0.61	5.71±0.69	5.85±0.55	6.02±0.53
个体平均日增重 Average individual daily weight gain	0.21±0.03	0.21±0.03	0.22±0.03	0.22±0.03

2.4 膨化苜蓿草粉–亚麻籽对仔猪均匀度的影响

由表 5 可知，仔猪初生时，2 组体重低于 0.8 kg 的仔猪数量最多；1.3~1.8 kg 的仔猪数量从 2 组到 4 组逐渐增多，对照组和 3 组的均匀度较为接近。仔猪断奶时，2 组体重为 3.5~5.0 kg 的仔猪数量最多；6.5~8.0 kg 的仔猪数量从对照组到 4 组越来越多；4 组 5.0~6.5 kg 和 6.5~8.0 kg 的仔猪数量比例差距最小，并且 4 组无体重小于 3.5 kg 的不合格猪，由此可见 4 组的均匀度最好。

表 5 膨化苜蓿草粉－亚麻籽对仔猪均匀度的影响

Table 5 Effects of extruded alfalfa meal-linseed on weight distribution of piglets %

	组别 Groups			
项目 Items	1	2	3	4
初生均匀度 Birth weight distribution				
<0.8 kg	5	16	5	3
0.8~1.3 kg	41	45	42	19
1.3~1.8 kg	49	36	47	69

>1.8 kg	5	3	6	9
合计 Total	100	100	100	100
断奶均匀度 Weaning weight distribution				
<3.5 kg	1	1	1	0
3.5~5.0 kg	20	24	13	17
5.0~6.5 kg	62	53	63	54
6.5~8.0 kg	16	20	22	28
>8.0 kg	1	2	1	1
合计 Total	100	100	100	100

初生体重小于 0.8 kg 的仔猪为弱仔猪，断奶体重小于 3.5 kg 的仔猪为不合格猪。

Weak piglets were those that body weigh less than 0.8 kg at birth, and weaned piglets weighing less than 3.5 kg were disqualified.

2.5 膨化苜蓿草粉–亚麻籽对母猪初乳脂肪酸组成的影响

由表 6 可知，随着膨化苜蓿草粉–亚麻籽添加量的增加，母猪初乳中单不饱和脂肪酸（MUFA）中的反油酸、二十碳烯酸和芥酸含量逐渐升高，且 4 组显著高于对照组（P<0.05）；随着膨化苜蓿草粉–亚麻籽添加量的增加，母猪初乳中 UFA/SFA 值以及 MUFA 含量逐渐升高，其中试验组母猪初乳中 UFA 含量普遍高于对照组，其中 4 组最高，但差异均不显著（P<0.05）。

表 6 膨化苜蓿草粉–亚麻籽对母猪初乳脂肪酸组成的影响

Table 6 Effects of extruded alfalfa meal-linseed on fatty acid composition of sow colostrum mg/kg

项目 Items	组别 Groups			
	1	2	3	4
饱和脂肪酸 SFA				
月桂酸 Lauric acid (C12:0)	0.177±0.092	0.116±0.075	0.110±0.021	0.123±0.010
肉豆蔻酸 Myristic acid (C14：0)	5.757±1.295	4.610±3.083	4.240±0.552	5.580±0.467
十五烷酸 Pentadecanoic acid (C15：0)	0.629±0.192	0.542±0.319	0.441±0.027	0.660±0.030
棕榈酸 Palmitic acid (C16:0)	70.333±12.795	71.800±46.952	62.750±3.323	84.050±28.214

十七烷酸 Heptadecanoic acid (C17：0)	1.062±0.453	1.037±0.584	0.774±0.007	1.060±0.070
硬脂酸 Stearic acid (C18：0)	14.200±2.706	18.950±10.960	17.850±2.051	22.500±11.879
花生酸 Arachidic acid (C20：0)	0.288±0.051	0.383±0.216	0.376±0.051	0.418±0.224
山嵛酸 Behenic acid (C22：0)	0.114±0.028	0.175±0.042	0.129±0.009	0.192±0.068
单不饱和脂肪酸 MUFA				
反油酸 Elaidic acid (C18：1 n-9*t*)	0.542±0.093^{b}	0.718±0.428^{ab}	0.749±0.089^{ab}	1.180±0.014^{a}
油酸 Oleic acid (C18：1)	79.833±7.814	96.400±61.660	87.950±9.829	117.450±51.690
棕榈油酸 Palmitoleic Acid (C16：1)	6.667±2.275	5.935±3.613	5.180±0.410	7.395±1.902
二十碳烯酸 Eicosenoic acid (C20:1)	14.000±1.400^{c}	29.100±13.294^{c}	38.850±4.879^{b}	75.300±6.930^{a}
芥酸 Erucic acid (C22：1)	0.597±0.136^{b}	1.393±0.619^{b}	1.595±0.177^{b}	2.925±0.742^{a}
n-3 多不饱和脂肪酸 n-3 PUFA				
α–亚麻酸 ALA (C18：3n-3)	0.584±0.078	0.792±0.521	0.703±0.040	0.940±0.623
顺–11，14，17–二十碳三烯酸				
Cis-11,14,17-eicosatrienoic acid （C20：3 n-3）	3.043±0.323	3.015±1.747	2.155±0.318	3.675±1.789
二十二碳六烯酸 DHA (C22：6 n-3)	1.036±0.233	1.595±0.955	1.160±0.141	1.795±0.870
n-6 多不饱和脂肪酸 n-6 PUFA				
亚油酸 Linoleic acid (C18:2 n-6)	122.000±3.606	131.100±77.640	112.000±14.142	150.000±19.799
γ–亚麻酸 γ-Linolenic acid (C18：3 n-6)	0.796±0.135	0.729±0.581	0.626±0.279	1.020±0.156
顺-8，11，14-二十碳三烯酸				
Cis-8,11,14-eicosatrienoic acid (C20：3 n-6)	0.945±0.946	0.970±0.482	0.668±0.004	1.081±0.380
花生四烯酸 Arachidonic acid (C20：4 n-6)	0.167±0.036	0.239±0.105	0.153±0.020	0.281±0.142
其他多不饱和脂肪酸 Other PUFA				
二十碳二烯酸 Eicosadienoic acid (C20：2)	1.713±0.254	1.995±1.124	1.630±0.127	2.095±1.039
饱和脂肪酸 SFA	92.560±17..30	97.612±62.232	86.670±4.882	114.582±40.902
不饱和脂肪酸 UFA	231.924±13.569	273.979±162.768	253.419±28.716	365.136±86.048

不饱和脂肪酸/饱和脂肪酸 UFA/SFA	2.55±0.25	2.86±0.53	2.92±0.67	3.26±0.13
单不饱和脂肪酸 MUFA	101.639±9.709	133.545±79.613	134.324±14.564	204.250±61.250
多不饱和脂肪酸 PUFA	130.285±4.639	107.648±81.744	106.995±23.224	160.886±24.798
n-3 多不饱和脂肪酸 n-3 PUFA	4.663±0.634	5.401±3.223	4.018±0.420	6.410±3.282
n-6 多不饱和脂肪酸 n-6 UFA	123.908±3.779	133.038±78.808	113.447±14.445	152.382±20.477
n-6 多不饱和脂肪酸/n-3 多不饱和脂肪酸 n-6 PUFA/n-3 PUFA	26.86±3.13	24.67±0.31	28.58±6.58	26.42±10.33
必须脂肪酸 EFA	122.584±3.683	131.892±78.161	112.703±14.182	150.940±20.422

3 讨 论

3.1 膨化苜蓿草粉–亚麻籽对母猪哺乳期平均日采食量和背膘厚的影响

妊娠期过度采食会导致母猪背膘大增，阻碍泌乳期采食量和泌乳能力[7]，所以在妊娠后期往往对母猪限饲。而哺乳母猪的营养和饲养目标是最大程度地提高采食量和营养摄入量，这样有利于母猪在哺乳期泌乳，而且可以使母猪保持良好的体况，缩短断奶再发情间隔时间和提高繁殖性能[8]。饲料原料经膨化处理后，香味增加，适口性提高，能刺激动物食欲，增加母猪哺乳期自由采食量[9]。Lenehan 等[10]研究发现，增加饲粮中膨化大豆蛋白的含量，提高了育肥猪的平均日采食量。哺乳期背膘损失会对断奶至发情的间隔天数产生影响，哺乳期背膘损失太多会使母猪的发情间隔延长[11]，并且导致母猪机体产生大量腔隙卵泡，减少下一胎的有效仔猪数[12]，因此需要适当控制妊娠期母猪的膘情变化。

Mateo 等[13]研究表明，在饲粮中添加未膨化的亚麻籽没有增加母猪哺乳期的采食量，但本试验的研究发现在母猪饲粮中添加适口性较好的膨化苜蓿草粉–亚麻籽，提高了母猪的平均日采食量，并且结果表明随着添加量的增加，哺乳期自由采食量呈现上升的趋势。另外，随着膨化苜蓿草粉–亚麻籽添加量的增加，妊娠后期母猪背膘增加与哺乳期背膘损失越来越少。由此可见膨化苜蓿草粉–亚麻籽可以提高母猪哺乳期自由采食量，并且对母猪膘情有很好的控制作用，有利于母猪在哺乳期泌乳以及再发情，提高母猪的繁殖性能。

3.2 膨化苜蓿草粉–亚麻籽对仔猪成活率、窝重、个体重和均匀度的影响

苜蓿不仅产草量高，粗蛋白质、维生素和无机盐含量丰富，动物必需氨基酸含量高[14]，而且含有的维生素 E、叶酸和硒等物质，能提高母猪的产仔数、减少流产、降低胚胎的死亡

率，并能增加母猪的泌乳量和仔猪的日增重[15]。很多研究表明在母猪饲粮中添加纤维性饲料如牧草（草粉）可以改善母猪的繁殖性能[16]；臧为民等[17]研究表明，添加苜蓿草粉对母猪泌乳期采食量、仔猪成活率、仔猪断奶窝重、窝增重、断奶平均个体重、个体平均日增重有极显著影响；张金枝等[18]研究表明苜蓿草粉可以提高断奶仔猪的成活率和断奶窝重，其中以20%苜蓿草粉最高。

亚麻籽除含有丰富的油脂和粗蛋白质之外，还含有较高的食用纤维、矿物质、维生素 A、B 族维生素、维生素 D、维生素 E 以及酚酸类、黄酮、植酸、卵磷脂等营养成分[19]，其不仅用于食品加工方面，同时在动物饲料方面也得到了广泛的应用。但是目前在母猪饲粮中添加亚麻籽对其所产仔猪生产性能的研究报道相对较少，并且研究结果不太一致，因此还需要大量试验进行进一步证实。De Quelen 等[20]研究发现，在母猪饲粮中添加不同水平的膨化亚麻籽，对母猪产仔数、仔猪平均初生重以及平均日增重的影响不显著；Farmer 等[4]研究表明，在母猪妊娠后期（68 d）与哺乳期饲粮中添加亚麻籽，其仔猪初生重较低于对照组，但随着天数的增加，仔猪 21 日龄个体重高于对照组，但差异不显著；Quiniou 等[21]研究表明在饲粮中添加膨化亚麻籽可以提高仔猪初生重以及窝平均日增重，但是差异不显著。本试验研究发现在母猪妊娠后期与哺乳期饲粮中添加膨化苜蓿草粉－亚麻籽对母猪总产仔数、产活仔数以及仔猪成活率的影响不显著，这可能与在母猪妊娠后期才开始添加膨化苜蓿草粉－亚麻籽有关；但添加膨化苜蓿草粉－亚麻籽可以提高仔猪的断奶窝重、断奶个体重以及窝平均日增重，并且随着添加量的增加，这些指标有升高的趋势，这与母猪饲粮中添加的苜蓿草粉和亚麻籽密不可分，其中可能受苜蓿草粉的影响相对更大。

很多研究已经表明，仔猪均匀度是影响仔猪死亡率的重要因素[22]。仔猪的初生重、断奶重以及肥育效果之间有着密切的联系，初生窝重与断奶窝重不均匀，仔猪个体间差异大，随后肥育期体重差异也大[23]，这对于各个阶段猪的饲养管理都不利，提高仔猪均匀度在养猪业中显得越来越重要。本试验研究发现，在母猪妊娠后期及哺乳期饲粮中添加膨化苜蓿草粉－亚麻籽对初生均匀度影响不显著，但是随着饲喂时间的延长，15%膨化苜蓿草粉－亚麻籽添加组断奶仔猪的均匀度最好，这将有利于保育与育肥上的饲养管理，减少经济损失。

2.4　膨化苜蓿草粉－亚麻籽对母猪初乳脂肪酸组成的影响

亚麻籽含有丰富的粗蛋白质、较多的 MUFA 以及 PUFA[24]，MUFA 主要作用在于降低

血浆低密度脂蛋白、总胆固醇、甘油三酯含量的同时，并没有降低反而升高了血浆高密度脂蛋白的含量，从而有益地调节了机体的血脂代谢[25]。PUFA 的作用较多，它能调节机体的脂质代谢，治疗和预防心脑血管疾病，促进生长发育与免疫调节等[26]。有研究表明亚麻籽有助于改善动物本身健康，增强免疫力[27]；Nudda 等[28]研究表明，在母羊哺乳期添加亚麻籽可以提高母羊断奶时常乳中 UFA/SFA 值、MUFA 以及 n-3 PUFA 的含量；De Quelen 等[20]研究发现，在母猪饲粮中添加不同水平的膨化亚麻籽，对母猪产仔数以及仔猪平均初生体重并无影响，但是随膨化亚麻籽添加水平的增加，初乳中的 MUFA 和 n-3 PUFA 含量也是越来越高，n-6 PUFA/n-3 PUFA 值越来越低；余婕等[29]结果表明，饲粮中添加膨化亚麻籽对产奶量以及乳蛋白、乳脂、乳糖含量影响差异不显著，但显著提高了乳汁中 MUFA、PUFA 和 n-3 PUFA 的含量。本试验研究表明，饲粮中添加膨化苜蓿草粉－亚麻籽可以提高母猪初乳中 UFA/SFA 值与 MUFA 的含量，但是对乳样中 n-3 PUFA 含量的影响不大，这可能与取样时间以及饲粮中添加的苜蓿草粉有关，但是其相对较高的 UFA/SFA 值和 MUFA 含量也有利于仔猪生长。

4 结 论

① 饲粮中添加膨化苜蓿草粉－亚麻籽可以增加母猪平均日采食量，减少哺乳期背膘损失，提高初乳中 MUFA 含量以及 UFA/SFA 值。

② 饲粮中添加膨化苜蓿草粉－亚麻籽可以提高仔猪断奶窝重、断奶个体重以及窝平均日增重，其中 15%膨化苜蓿草粉－亚麻籽添加组断奶仔猪的均匀度最好。

③ 在本试验中，膨化苜蓿草粉－亚麻籽添加量为 15%时，母猪可获得较好的繁殖性能，而最宜添加量还需进一步研究。

参考文献：

[1] 廉红霞,王成章,杨雨鑫,等.不同苜蓿草粉添加水平对妊娠母猪及其仔猪生产性能的影响[J].西北农林科技大学学报（自然科学版）,2004,32(6):35–40.

[2] 张爱武,董斌,左璐雅.亚麻籽的营养及其在禽类饲料中的应用[J].饲料工业,2011,32(5):51–54.

[3] FARMER C,PETIT H V.Effects of dietary supplementation with different forms of flax in late-gestation and lactation on fatty acid profiles in sows and their piglets[J].Journal of Animal Science,2009,87(8):2600–2613.

[4] FARMER C,GIGUÈRE A,LESSARD M.Dietary supplementation with different forms of flax in late gestation and lactation:effects on sow and litter performances,endocrinology,and immune response[J].Journal of Animal Science,2010,88(1):225–237.

[5] 王化山,徐英,辛立卫.膨化技术的优缺点及在动物饲料中的应用[J].中国畜牧兽医文摘,2015,31(9):213.

[6] 周小洁,车向荣,于霏.亚麻籽及其饼粕的营养学和毒理学研究进展[J].饲料工业,2005,26(19):46–50.

[7] THODBERG K,SØRENSEN M T.Mammary development and milk production in the sow:effects of udder massage,genotype and feeding in late gestation[J].Livestock Science,2006,101(1/2/3):116–125.

[8] 成建国,呼红梅,张印,等.母猪妊娠期采食水平对其哺乳期采食量和繁殖性能的影响[J].养猪,2016(4):20–24.

[9] 曹剑,黄庆余.膨化饲料的优点及应用[J].养殖技术顾问,2010(1):50.

[10] LENEHAN N A,GOODBAND R D,TOKACH M D,et al.Effects of increasing extruded soy-protein concentrate on growth performance of nursery pigs[J].Kansas State University Swine Day Report of Progress,2004(10):64–67.

[11] 胡闪耀,郑雨剑,荣雷,等.哺乳期经产母猪背膘变化对其繁殖性能的影响[J].猪业科学,2015,32(10):106–108.

[12] PRUNIER A,QUESNEL H.Influence of the nutritional status on ovarian development in female pigs[J].Animal Reproduction Science,2000,60–61:185–197.

[13] MATEO R D,CARROLL J A,HYUN Y,et al.Effect of dietary supplementation of n-3 fatty acids and elevated concentrations of dietary protein on the performance of sows[J].Journal of Animal Science,2009,87(3):948–959.

[14] 潘俊良,李振田,王成章,等.苜蓿草粉在动物饲料中的应用[J].饲料研究,2006(7):63–65.

[15] 苏州,黎佐绩,郭礼荣,等.饲喂鲜草紫花苜蓿对母猪生产性能的影响[J].江西畜牧兽医杂志,2007(4):24–26.

[16] VESTERGAARD E M,DANIELSEN V.Dietary fibre for sows:effects of large amounts of

soluble and insoluble fibres in the pregnancy period on the performance of sows during three reproductive cycles[J].Animal Science,2010,67(2):355–362.

[17] 臧为民,廉红霞,王成章,等.不同水平苜蓿草粉对哺乳母猪及其仔猪生产性能及血清指标的影响[J].西北农林科技大学学报（自然科学版）,2005,33(2):54–59.

[18] 张金枝,任巧玲,刘建新,等.不同苜蓿草粉水平对母猪繁殖性能和血清生化指标的影响[J].中国畜牧杂志,2011,47(3):45–48.

[19] 陈兴发,韦建福,徐奇,等.亚麻籽和有机铁对仔猪生长性能的影响[J].广东饲料,2017,26(1):22–25.

[20] DE QUELEN F,BOUDRY G,MOUROT J.Effect of different contents of extruded linseed in the sow diet on piglet fatty acid composition and hepatic desaturase expression during the post-natal period[J].Animal,2013,7(10):1671–1680.

[21] QUINIOU N,GOUES T,VAUTIER A,et al.Consequence of extruded linseed incorporation in sows and/or pigs' diets on performance[C]//61st Annual Meeting of the European Association for Animal Production.Heraklion:European Association for Animal Production,2010.

[22] LEENHOUWERS J I,DE ALMEIDA JÚNIOR C A,KNOL E F,et al.Progress of farrowing and early postnatal pig behavior in relation to genetic merit for pig survival[J].Journal of Animal Science,2001,79(6):1416–1422.

[23] 施辉毕,王立刚,张跃博,等.仔猪均匀度研究进展[J].养猪,2015(1):35–39.

[24] 李高阳,丁霄霖.亚麻籽油中脂肪酸成分的GC-MS分析[J].食品与机械,2005,21(5):30–32.

[25] 刘跟生,徐贵发.单不饱和脂肪酸对心血管的保护作用[J].卫生研究,2006,35(3):357–359.

[26] 王萍,张银波,江木兰.多不饱和脂肪酸的研究进展[J].中国油脂,2008,33(12):42–46.

[27] 孙中义.亚麻籽饲用研究进展[J].中国麻业科学,2010,32(1):37–41,44.

[28] NUDDA A,BATTACONE G,BEE G,et al.Effect of linseed supplementation of the gestation and lactation diets of dairy ewes on the growth performance and the intramuscular fatty acid composition of their lambs[J].Animal,2015,9(5):800–809.

[29] 余婕,周源,程蕾,等.日粮中添加膨化亚麻籽对奶牛乳品质及脂肪酸组成的影响[J].饲料博览,2017(2):5–8.

Effects of Extruded Alfalfa Meal-Linseed on Reproductive Performance and Fatty Acid Composition in Colostrum of Sows

PAN Peiying GUO Xiaojie WANG Bo WANG Tengfei WANG Chengzhang SHI Yinghua QI Shengli LI Zhentian*

(*The Key Laboratory of Innovation and Utilization of Grassland Resources in Henan Province, College of Animal Science and Veterinary Medicine*, *Henan Agricultural University*, *Zhengzhou* 450002, *China*)

Abstract: This experiment was conducted to study the effects of different supplemental levels of extruded alfalfa meal-linseed during late-gestation and lactation period on reproduction performance and fatty acid composition in colostrum of sows. In this trial, eighty Landrace×Large White primiparous sows in later gestation (83 days of gestation) were randomly allotted to 4 groups with 4 replicates in each group and 5 sows in each replicate. Sows in the control group were fed a basal diet, and those in experimental groups were fed the basal diets supplemented with 5%, 10% and 15% extruded alfalfa meal-linseed, respectively. The trial lasted for 55 days after 7 days adaption. The results showed as follows: 1) compared with the control group, dietary extruded alfalfa meal-linseed significantly increased average daily feed intake of sows (P<0.05), which in 15% extruded alfalfa meal-linseed supplemental group was the highest. 2) With the extruded alfalfa meal-linseed supplemental level increasing, the backfat thickness loss of sows in lactation was decreased, while the litter weight of day 21, average litter daily weight gain, individual weight of day 21 of piglets as well as the monounsaturated fatty acid (MUFA) and the ratio of unsaturated fatty acid to saturated fatty acid (UFA/SFA) in sow colostrum were increased with no significant differences (P>0.05). 3) When piglets weaning (21 days of age), the best weight distribution in 15% extruded alfalfa meal-linseed supplemental group was the best. It is concluded that extruded alfalfa meal-linseed can enhance the reproduction performance of sows, and increase the MUFA content and UFA/SFA ratio in sow colostrum.

*Corresponding author, associate professor, E-mail: lizhentian2006@126.com (责任编辑 田艳明)

Key words: extrude; alfalfa meal; linseed; reproduction performance; fatty acid